

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1921

THÈSE

N^o
531

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

La Lutte contre le Péril de l'Eau

Dans un secteur des Armées

Au cours de la dernière guerre

PAR

Pierre POUEY

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANCIEN EXTERNE DES HOPITAUX

Président : M. LÉON BERNARD, PROFESSEUR

IMPRIMERIE DES FACULTES

OLLIER-HENRY

26, Rue Monsieur-le-Prince, PARIS (VI^e Arr.)

1921

531

THÈSE
POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1921

THÈSE N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

La Lutte contre le Péril de l'Eau

Dans un secteur des Armées

Au cours de la dernière guerre



PAR

Pierre POUEY

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANCIEN EXTERNE DES HOPITAUX

Président : M. LÉON BERNARD, PROFESSEUR

IMPRIMERIE DES FACULTES

OLLIER-HENRY

26, Rue Monsieur-le-Prince, PARIS (VI^e Arr.)

1921

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen	
Professeurs	
Anatomie.....2.....	
Anatomie médico-chirurgicale.....	
Physiologie.....	
Physique médicale.....	
Chimie organique et chimie générale.....	
Bactériologie.....	
Parasitologie et Histoire naturelle médicale.....	
Pathologie et Thérapeutique générales.....	
Pathologie médicale.....	
Pathologie chirurgicale.....	
Anatomie pathologique.....	
Histologie.....	
Opérations et appareils.....	
Pharmacologie et matière médicale.....	
Thérapeutique.....	
Hygiène.....	
Médecine légale.....	
Histoire de la médecine et de la chirurgie.....	
Pathologie expérimentale et comparée.....	
Clinique médicale.....	
Hygiène et clinique de la première enfance.....	
Clinique des maladies des enfants.....	
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.....	
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.....	
Clinique des maladies du système nerveux.....	
Clinique des maladies contagieuses.....	
Clinique chirurgicale.....	
Clinique ophtalmologique.....	
Clinique des maladies des voies urinaires.....	
Clinique d'accouchements.....	
Clinique gynécologique.....	
Clinique chirurgicale infantine.....	
Clinique thérapeutique.....	
Clinique oto-rhino-laringologique.....a.....	

M. ROGER
MM.
NICOLAS
CUNEO
Charles RICHET
André BROCA
DESGREZ
BEZANCON
BRUMPT
Marcel LABBE
RENON
LECENE
LETULLE
PRENANT
DUVAL
POUCHET
CARNOT
BERNARD
BALTHASARD
MÉNÉTRIÉR
ROGER
ACHARD
WIDAL
GILBERT
CHAUFFARD
MARFAN
NOBECOURT
DUPR
JEANSELME
Pierre MARIE
TEISSIER
DELBET
LEJARS
HARTMANN
GOSSET
DE LA PERSONNE
LEGUEU
BAR
COUVELAIRE
RRINDEAU
J.-L. FAURE
Auguste BROCA
VAQUEZ
SEBILEAU

Agrégés en exercice

MM.			
ABRAMI	DUVOIR	LANGLOIS	PHILIBERT
ALGLAVE	FIESSINGER	LARDENOIS	RATHRY
BASSET	GARNIER	LE LORIER	REITTERER
BAUDOUIN	GOUGEROT	LEMIERRE	RIBIERRE
BLANCHETIÈRE	GREGOIRE	LEQUEUX	RICHAUD
BHANCA	GUENIOT	LEREBoullet	ROUSSY
OAMUS	GUILLAIN	LERI	ROUVIERE
CHAMPY	GUILLEMINOT	LEVY-SOLAL	SCHWARTZ
CHEVASSU	HEITZ-BOYER	MATHIEU	TANON
CHIRAY	JOYEUX	METZGER	TERRIEF
CLERC	LABBÉ Renri	MOCQUOT	TIFFENEAU
DEBRE	LAIGNEL-LAVAS-	MULON	VILLARET
DESMAREST	TINE	OKINCZYC	

Par délibération, en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

LE DOCTEUR ISIDORE POUÉY

Chevalier de la Légion d'Honneur

A LA MÉMOIRE DE MA MÈRE

A MA SŒUR, A MON BEAU-FRÈRE LE DOCTEUR LÉON MATHIO

A MON NEVEU, A MES NIÈCES

A TOUS MES PARENTS. A MES AMIS

A MON PRÉSIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR LÉON BERNARD

Professeur d'Hygiène à la Faculté de Médecine de Paris
Médecin de l'Hôpital LAENNEC
Membre de l'Académie de Médecine
Officier de la Légion d'Honneur

A MONSIEUR LE DOCTEUR RENÉ WEITZ

Licencié Es-Sciences
Ancien Interne en Pharmacie des Hôpitaux de Paris
Préparateur du Cours de matière Médicale à la Faculté
de Pharmacie
Pharmacien des dispensaires de l'Assistance Publique
Officier d'Académie
Croix de Guerre

A MES MAÎTRES DANS LES HÔPITAUX

BORDEAUX

MESSIEURS LES PROFESSEURS VILLARS, CHAVANAZ, MONSIEUR LE
PROFESSEUR AGRÉGÉ VENOT.

MESSIEURS LES DOCTEURS MARTIN DU MAGNY, BITOT

PARIS

Externat

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ REYNIER
Membre de l'Académie de Médecine (*in-memoriam*)

MONSIEUR LE DOCTEUR CHIFOLIAU

MONSIEUR LE DOCTEUR HIRTZ (*in memoriam*)

MONSIEUR LE DOCTEUR JOSUÉ

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ LEGRY

MONSIEUR LE DOCTEUR BOUFFE DE SAINT-BLAISE

MONSIEUR LE DOCTEUR HUDELO

MONSIEUR LE PROFESSEUR RENON, MESSIEURS LES PROFESSEURS
AGRÉGÉS WALTHER, CLAUDE

MESSIEURS LES DOCTEURS J. RENAULT, MONIER-VINARD

INTRODUCTION

Il est superflu à l'heure actuelle d'insister sur le rôle de l'eau dans l'étiologie de la plupart des maladies transmissibles et en particulier de la fièvre typhoïde, du choléra, des dysenteries, de certaines maladies parasitaires et de nombre d'affections gastro-intestinales banales. Aussi paraît-il de plus en plus nécessaire de se préoccuper de la pureté des eaux de boisson.

Les causes de pollution des eaux sont nombreuses, mais il est facile de concevoir que, toutes choses égales d'ailleurs, les eaux seront plus facilement souillées dans les grandes agglomérations, où les déjections, détritiques, ordures de toutes sortes seront plus nombreuses ; c'est ce qui se passe en tout temps dans nos villes, c'est ce qui s'est passé au cours de la guerre dans les divers secteurs du front, devenus subitement surpeuplés et où aux causes précédemment citées sont venues s'ajouter les souillures par les cadavres humains et animaux. Si l'on ajoute à cela que les fatigues, privations, souffrances de toutes sortes ont fatalement rendu nos soldats plus sensibles à l'action des germes pathogènes, on comprendra l'importance de la lutte contre ce que M. le médecin-inspecteur Troussaint appelle dans son

traité sur l'organisation du service de santé en campagne le « péril de l'eau ».

Dès le début de la guerre, mais surtout après la stabilisation des armées et en présence de la terrible épidémie de lièvre typhoïde de 1914-1915, tous les médecins des corps de troupe et des grandes unités ont entrepris cette lutte, les uns d'après leurs propres conceptions, les autres selon les directives du règlement sur le service en campagne, tous avec une égale bonne volonté mais sans unité de vue. Peu à peu, au fur et à mesure que les instructions se précisaient, que l'on créait des laboratoires, les moyens employés se sont, si l'on peut ainsi dire, unifiés, et à partir du milieu de 1915 la lutte était organisée dans chaque secteur à peu près selon la conception suivante :

La lutte contre le péril de l'eau a pour base :

L'analyse systématique de toutes les eaux pouvant servir à la boisson des troupes du secteur.

Cette analyse a comme résultat :

La détermination de la qualité de chaque eau et comme corollaire :

1° L'indication) a) de la valeur de chaque point d'eau
par écriteau) b) des mesures à prendre, le cas
échéant, avant la consommation.

2° L'interdiction de la consommation des eaux suspectes ou mauvaises non épurées.

3° L'épuration des eaux.

4° Le transport d'eau potable dans les endroits qui en sont dépourvus.

Nous avons voulu montrer ici, en prenant l'exemple

de ce que nous avons vu faire dans un secteur, comment ces mesures ont pu être mises en pratique, quels en ont été les résultats, chercher si des moyens plus efficaces ou plus commodes auraient pu être mis en action, en tirer les déductions qui s'imposent pour l'avenir.

Nous avons choisi pour faire cette étude le secteur qui répondait à l'appellation officielle de « secteur de Mourmelon-le-Grand » et qui était situé directement au nord de cette petite ville de la Marne.

Les documents, qui sont contenus dans ce travail, sont dus à l'obligeance de notre éminent ami M. le docteur René Weitz préparateur du cours de matière à la faculté de pharmacie de Paris. Attaché durant la guerre au groupe de brancardiers de la 128^e division, en qualité de directeur du laboratoire de toxicologie, il a bien voulu, nous associer à ses travaux durant le temps que nous sommes restés à ses côtés au G. B. D. et continuer à nous y intéresser après que nous avons eu quitté cette formation. Qu'il nous soit permis de lui adresser l'expression de notre profonde gratitude.

PREMIÈRE PARTIE

Étude descriptive du secteur de Mourmelon

CHAPITRE PREMIER

APERÇU GEOGRAPHIQUE

§ 1. **Description générale** : Petit segment du vaste front français, le secteur de Mourmelon-le-Grand était une zone d'environ 5 kilomètres de largeur sur 13 kilomètres de profondeur, située en pleine Champagne pouilleuse sur le territoire des communes d'Auberive-sur-Suippes, Vaudesincourt, Baconnes, Mourmelon-le-Grand, Bouy. (Voir la carte page 18.)

Ce secteur était délimité : au nord par la première ligne des tranchées françaises dans la partie comprise entre le « Mont-sans-Nom » (inclusivement) à l'Ouest et le petit village d'Auberive-sur-Suippe (exclusivement) à l'est. La direction de cette 1^{re} ligne était sensiblement : Nord-Ouest, Sud-Est.

A l'Ouest : par une ligne partant de l'extrémité Ouest

de la précédente et se dirigeant presque directement vers le sud, passant à l'Ouest de Bucones et venant se terminer dans le camp de Châlons au niveau de la limite sud.

A l'Est : par une ligne partant de l'extrémité Est de la limite Nord et se dirigeant vers le sud pour venir se terminer au sud et à l'Est de Mourmelon-le-Grand par intersection avec la limite suivante.

Au sud : par une ligne sensiblement Est-Ouest passant à environ 3 kilomètres au sud de Mourmelon-le-Grand, coupant à l'extrémité nord du territoire de la commune de Bouy.

En somme la forme de cette région ainsi délimitée était sensiblement trapèzoïde. La grande base était la limite Ouest l'angle le plus saillant l'angle Nord-Ouest.

L'époque à laquelle nous avons occupé le secteur et sur laquelle portent les documents que nous utiliserons dans cette étude était la période qui comprenait l'offensive française du 17 avril 1917 et les deux mois qui suivirent. Le gain territorial qu'avait donné cette offensive dans le secteur dont nous parlons était toute la zone située au nord d'une ligne parallèle à la route de Prosnes à Saint-Hilaire et située à 1 kilomètre au nord de cette route, ligne qui représentait avant l'offensive les premières tranchées françaises. Cette zone récemment conquise avait la forme d'un triangle allongé à base ouest à sommet se dirigeant vers l'Est et situé un peu au delà du village d'Auberive. Nous allons donc voir au cours de notre étude comment s'organisait la lutte entre le

péril de l'eau dans la zone nouvellement arrachée à l'ennemi.

Au point de vue de sa situation géographique ce secteur mordait par son extrémité Nord-Ouest dans le massif de Moronvilliers et englobait le « Mont-sans-Nom » et la hauteur cotée 181 située immédiatement au Sud du Mont-sans-Nom. Tout le reste du secteur était compris dans la vaste plaine de Champagne Pouilleuse, à sol crayeux, peu fertile, région d'aspect désolé, comprenant de vastes étendues incultes et de nombreux boqueteaux de jeunes pins.

§ 2. Les eaux de la région : Cette région est déshéritée au point de vue des eaux. Les sources naturelles y sont à peu près inexistantes, les cours d'eau eux-mêmes absents en dehors de ruisselets sans importance. Voisine du secteur, mais sans y pénétrer, coule la Suippe arrosant Auberive et Vaudesincourt.

Les eaux de boisson ne peuvent donc provenir que de puits et tous les villages en possèdent, mais ces villages sont très peu nombreux. Dans le secteur dit de Mourmelon on n'en trouvait que deux : Mourmelon-le-Grand et Buconnes. Pas de hameau, pas d'agglomération de quelque importance, pas même de ferme, et par conséquent pas de puits en dehors de ces deux localités. Aussi, lorsque la guerre détermina le surpeuplement de ces campagnes arides, fallut-il forer de nombreux puits. Le service du génie s'acquitta de cette tâche. De leur côté les allemands procédèrent de la même façon. Nous nous

sommes donc trouvés dans ce secteur en présence de trois catégories de puits,

1° Puits des villages, creusés par les propriétaires ou les municipalités avant la guerre.

2° Puits creusés par le génie français.

3° Puits creusés par le génie allemand.

Dans le chapitre suivant nous allons étudier la situation de ces puits par rapport aux troupes.

CHAPITRE II

SITUATION DES POINTS D'EAU PAR RAPPORT AUX TROUPES OCCUPANT LE SECTEUR

Au point de vue de l'organisation militaire, nous pouvons diviser le secteur en trois zones que nous appellerons conventionnellement :

Zone A ou zone de l'infanterie.

Zone B ou zone de l'artillerie.

Zone C ou zone des cantonnements d'arrière, des parcs et des services.

La zone de l'infanterie, d'une profondeur de trois kilomètres environ, était en entier située au nord de la route de Prosnes à St-Hilaire, ancienne chaussée romaine. Sa limite sud était une ligne sensiblement parallèle à la direction des premières tranchées, oblique par rapport à la route ci-dessus indiquée et distante de celle-ci de un kilomètre à son extrémité ouest, de quelques centaines de mètres seulement à son extrémité est.

Cette zone était divisée en trois tranches :

Tranche de gauche dite du Mont-sans-Nom.

« du centre » de la Mosquée.

« de droite » du Golfe

chacune occupée par un régiment d'infanterie compre-

nant deux bataillons en ligne et un troisième en réserve un peu en arrière.

Les points d'eau à la disposition de l'infanterie étaient les suivants : (consulter la carte ci-jointe).

Pour la tranche du Mont-sans-Nom :

Le point d'eau du Boyau Cernovitz, point d'eau n° 2. (1).

« « de l'Hexenweg « « 3.

« « de la tranchée de Ham « 9.

Pour la tranche de la Mosquée :

Le point d'eau de la tranchée Bethmann-Holweg,

point d'eau n° 1

« « du bois 132 « « 4

« « bois en pioche « « 7

« « centre des guetteurs « « 10

Pour la tranche du Golfe :

Le point d'eau de la tranchée de Bayreuth point d'eau n° 5

« « du boyau de la sapinière « « 6

« « de la tranchée Pivot « « 8

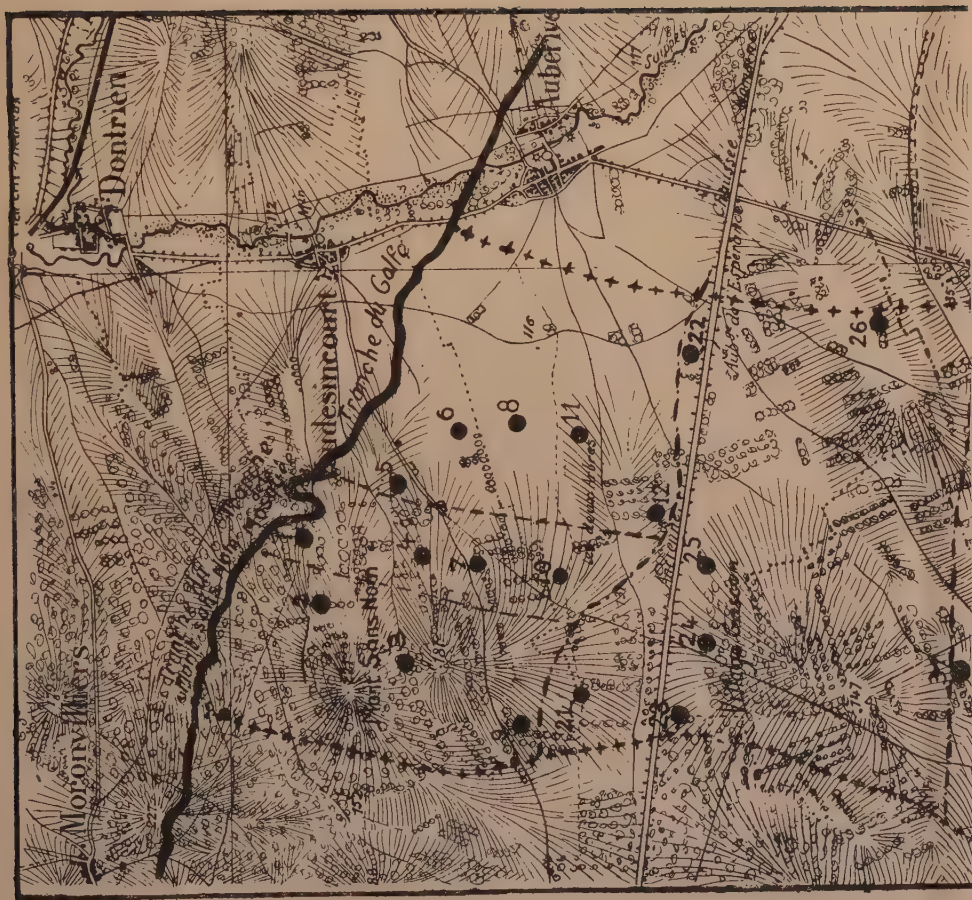
« « du centre Jubault « « 11

« « du bois Sacré « « 12

La zone B faisait immédiatement suite à la précédente ; nous la délimiterons au sud par une ligne sensiblement Ouest-Est passant à 1 km. au nord du village Baconnes. Cette zone était littéralement couverte de batteries le plus souvent isolées et à peu près uniformément réparties. Elle était en outre occupée par d'autres troupes : génie, brancardiers divisionnaires, territoriaux, diversement groupées en agglomérations plus ou moins peuplées.

(1) Nous avons numérotés les points d'eau de la façon suivante :

En allant du nord au sud et de l'ouest à l'est : de 0 à 12 pour la zone A.
— — — de 20 à 26 pour la zone B.
— — — de 30 à 52 pour la zone C.





Le bivouac le plus important de cette zone était sans contredit le lieu dit : « village gascon » situé dans un bois de pins à 300 mètres au sud de la route de Prosnes à Saint-Hilaire et dans lequel se trouvaient :

- un bataillon d'infanterie en réserve,
- deux compagnies du génie,
- une batterie d'artillerie,
- la portion principale du G. B. D.,
- des éléments territoriaux.

Un puits était à la disposition de ces formations. Il se trouvait à l'extrémité Nord-Est du bois, point d'eau N° 24. Les autres points d'eau de la zone B étaient :

Le point d'eau du centre Lauzon : point d'eau N° 21.

- « » « » du bois du parc « » » 22.
- « » « » « » Laval « » » 23.
- « » « » « » du puits « » » 25.
- « » « » « » O 8 « » » 26.

La zone C comprenait les bivouacs et cantonnements suivants :

Le P. C. Verdun (Etat-major de la Division) alimenté par le point d'eau n° 31.

L'ouvrage de Baconnes alimenté par le « » » 32.

Le bivouac des Réserves « » » » » 33.

Le village de Baconnes alimenté par les points d'eau n°s 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40.

Le lieu dit l' « Espérance » alimenté par le point d'eau n° 41.

« » » « » Fourche « » » » » 43.

Le bivouac de la côte 137 « » » » » » 42.

La petite ville de Mourmelon-le-Grand alimentée :

A) en ville par les points d'eau :

n°s 44 situé à la hauteur du n° 109 rue du Génie.

45 « » » » » » » » » » » 68 « » » »

46, dit des Abattoirs.

B) au quartier Fleurus par les points d'eau N^{os} : 47.

48.

49.

50.

Le cantonnement des ambulances (commune de Bouy) qui avait à sa disposition les points d'eau n^{os} 51 et 52.

Telle est la topographie des points d'eau où pouvaient s'approvisionner les troupes du secteur. Nous allons examiner, dans la 2^e partie de notre travail, comment a été déterminée la qualité de ces eaux.

DEUXIÈME PARTIE

L'analyse des eaux

CHAPITRE PREMIER

NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES EXAMENS D'EAU

Pour apprécier la qualité d'une eau de boisson on a recours : à l'examen physique
à l'examen chimique
à l'analyse bactériologique.

Mais il est nécessaire en outre de procéder à une enquête sur les conditions dans lesquelles l'eau est recueillie, collectée, distribuée et sur les caractères géologiques du sol et du sous-sol. On sait en effet que le pouvoir de filtration du sol varie avec sa nature et que ce pouvoir très grand pour les terrains sablonneux, est faible pour les terrains calcaires ou argileux.

§ 1. Examen physique .

L'examen physique renseigne sur la limpidité, la couleur, l'odeur, la saveur, la température de l'eau.

La limpidité est une qualité de l'eau potable, mais ce

caractère n'a pas une valeur absolue : une eau limpide est souvent riche en germes ; par contre une eau peut avoir son aspect trouble à la présence de matières minérales non dangereuses. On agira sagement en considérant *a priori* l'eau trouble comme dangereuse et en l'éliminant de la consommation. De plus une eau *habituellement* limpide qui se trouble momentanément devra être rejetée, car cela est l'indice d'apport d'eaux superficielles insuffisamment filtrées.

Pour apprécier la limpidité de l'eau, on peut en remplir une éprouvette longue placée sur un fond blanc et comparer avec une éprouvette semblable remplie d'eau distillée. Le fond blanc doit s'apercevoir à travers une épaisseur de 0 m. 60. Si on ne le voit que sous une épaisseur de 0 m. 50, 0 m. 30, 0 m. 25, l'eau est dite louche, trouble, très trouble.

La couleur d'une eau potable doit être nulle (ou légèrement bleue sous une grande épaisseur). Une eau colorée en vert est à rejeter, car elle contient des matières organiques en voie de régression. Une eau noirâtre renferme des détritits d'origine végétale, une eau laiteuse des résidus industriels. La couleur jaunâtre d'une eau est l'indice de la présence de sable ou d'argile, ce qui ne constitue pas forcément une souillure dangereuse.

Certaines eaux exhalent une odeur de vase, de pourri, d'hydrogène sulfuré ; elles sont à rejeter. Pour constater l'odeur d'une eau on en remplit une bouteille qu'on vide ensuite à moitié, puis on l'agite et on la vide complètement, on en respire alors l'atmosphère. On peut aussi en chauffer modérément un petit échantillon dans un

matras et vérifier de temps en temps si quelque odeur est perceptible.

La *saveur* d'une eau potable doit être nulle ou agréable, mais ce dernier caractère est vraiment trop subjectif pour avoir quelque valeur.

La température de l'eau potable varie de 9° à 14°.

§ 2. Examen chimique

Tandis que l'examen physique de l'eau ne fournit que des éléments d'appréciation de faible valeur, l'analyse chimique donne des résultats de quasi certitude. D'autre part ce moyen d'investigation est rapide. Aussi a-t-il rendu de grands services au cours de la dernière guerre.

L'analyse chimique renseigne :

A. Directement sur la présence de substances dangereuses ou non par elles-mêmes.

B. Indirectement sur la présence de germes pathogènes, par la constatation de substances minérales ou organiques, qui sont pour ainsi dire les témoins de la présence de ces germes.

C'est ce deuxième point qui a surtout de l'importance et sur lequel nous allons insister.

Interprétation de l'analyse chimique

Les substances qui peuvent être des indices de souillure de l'eau sont principalement : les matières organiques, l'ammoniaque, les nitrites, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les sulfates.

Renseignements fournis par la présence de matières organiques. --- Les eaux chargées de matières organiques ne sont pas utilisables parce que, d'une part elles constituent pour les bactéries un milieu de culture éminemment favorable, d'autre part elles indiquent une souillure d'origine végétale ou animale. La souillure végétale est moins dangereuse que la souillure animale, car les résidus animaux constituent le véhicule ordinaire des microbes pathogènes. La limite de tolérance est de 2 milligrammes par litre, de 1 milligramme d'après **MM. POUCHET et BONJEAN**, quand la matière organique est de provenance animale.

Renseignements fournis par la présence d'ammoniaque. -- La présence d'ammoniaque indique que l'eau a été souillée par certaines matières azotées (eau d'égout, purin, matières fécales, etc...). La présence de 1 milligramme d'ammoniaque par litre suffit à rendre l'eau suspecte.

Renseignements fournis par la présence de nitrites. -- On doit envisager les nitrites comme indiquant une contamination récente ou une épuration biologique s'effectuant péniblement dans de mauvaises conditions. Il faudra donc rejeter de l'alimentation toute eau qui en contient des traces notables.

Renseignements fournis par la présence de nitrates. -- La présence de nitrates rend l'eau inacceptable s'ils ont une provenance animale. Dans ce cas ils sont accompagnés d'une quantité considérable de chlorures. La provenance animale en est également certaine, si on

les trouve dans l'eau recueillie dans un terrain dépourvu de toute végétation.

Renseignements fournis par la présence de chlorures. — Pour bien juger une eau qui contient des chlorures, il faut connaître la nature géologique du terrain, car les chlorures ne sont un indice de souillure que lorsqu'ils ne proviennent pas du sol. Au cours de la guerre il nous a été donné de consommer des eaux fortes en chlorures, qui n'étaient nullement dangereuses. Entre autres : l'eau de Menil (Meurthe-et-Moselle), en terrain Triasique, provenant d'une nappe profonde, sans doute la même que celle qui alimente les salines de Rosières, Dombasle, Varangénille ; l'eau des Flandres (frontière Belge), voisine de la mer.

En dehors de ces considérations géologiques il faut considérer une forte dose de chlorures comme un indice de souillure par infiltrations d'urine, de matières fécales, d'eaux ménagères. On écartera de la consommation une eau qui en renferme un taux égal ou supérieur à 66 milligrammes par litre (exprimés en chlorure de sodium).

Renseignements fournis par la présence de phosphates. — Une quantité de phosphates supérieure à $\frac{1}{2}$ milligramme indique une contamination par des déjections et surtout par des urines. Il faut toutefois faire des réserves, si le sol renferme du phosphate de chaux, ce qui est le cas pour les terrains fossilifères.

Renseignements fournis par la présence de sulfates. — Les terrains gypseux peuvent abandonner un peu de leur sulfate à l'eau qui les traverse. En dehors de ce

cas, ou même dans ce cas si la quantité en est exagérée, la présence de sulfate indique une souillure par déjections.

En somme dans le cas de souillure par des urines, l'élévation du taux des phosphates et des sulfates est parallèle à celle des chlorures, caractère qui a surtout été mis en lumière depuis ces 10 dernières années.

Minéralisation. — La minéralisation totale d'une eau a une certaine importance au point de vue de sa digestibilité ; elle en a beaucoup moins s'il s'agit de déterminer sa pureté biologique. Le taux de matières minérales ne doit pas dépasser 0 gr. 50 par litre. On la mesure en pratique par la méthode hydrotimétrique, dont nous reparlerons plus loin.

Quelques principes d'analyse chimique

Nous allons étudier rapidement les principes sur lesquels sont basées les recherches des substances que nous venons de mentionner.

Recherche des matières organiques. — La recherche des matières organiques est basée sur la faculté qu'elles possèdent de réduire le permanganate de potassium. Leur dosage se fait et s'exprime d'après la quantité d'oxygène emprunté au permanganate.

Ce dosage s'effectue en milieu acide ou en milieu alcalin et se calcule d'après la quantité d'une solution titrée de permanganate qu'il faut ajouter à un volume déterminé de l'eau à examiner pour obtenir une colo-

ration rose persistante. Cette coloration, indiquant qu'il n'y a plus de matière organique à oxyder marque la fin de la réaction.

Recherche de l'ammoniaque. — En présence d'ammoniaque une solution double d'iodure de potassium et de mercure (réactif de NESSLER) donne une coloration puis un précipité allant du jaune clair au jaune brique selon la quantité d'ammoniaque. Cet essai direct sur l'eau à examiner ne donne guère de résultat positif que lorsque l'eau contient une quantité d'ammoniaque suffisante pour la rendre suspecte. Par distillation on peut donner plus de sensibilité et plus de précision à cette méthode.

Recherche des nitrites. — En milieu légèrement acide les nitrites dégagent de l'acide azoteux, lequel au contact d'un iodure (iodure de zinc, de cadmium, etc.), met l'iode en liberté. La présence d'iode libre sera décélée par la coloration bleue qu'il communique à l'empois d'amidon, utilisé comme indicateur.

Recherche des nitrates. — Pour rechercher les nitrates on les transforme en nitrites par adjonction de zinc en poudre et on caractérise ceux-ci par la réaction précédente.

Dosage des chlorures. — Le dosage des chlorures est basé sur les réactions suivantes :



rouge, insoluble

La deuxième réaction ne commence que lorsque la première est terminée et est très nettement marquée par la formation d'un précipité rouge de chromate d'argent. Son début indique par conséquent que la totalité des chlorures contenus dans l'échantillon à analyser a été transformée en chlorure d'argent. Il suffit donc de noter la quantité de nitrate d'argent, employée jusqu'à production du précipité rouge, pour pouvoir calculer la quantité de chlorures contenue dans l'eau à examiner.

Recherche des phosphates. — L'adjonction de molybdate d'ammoniaque à une solution contenant des phosphates provoque la formation d'un précipité jaune insoluble de phosphomolybdate d'ammoniaque.

Recherche des sulfates : La recherche des sulfates est basée sur la recette suivante :



insoluble

Une solution de chlorure de baryum ajoutée à une eau renfermant des sulfates provoque la formation d'un précipité jaune de sulfate de baryum.

Hydrotimétrie. — On nomme hydrotimétrie une méthode qui a pour but de déterminer la richesse d'une eau en sels terreux.

On exprime cette minéralisation en degrés hydrotimétriques.

Un degré hydrotimétrique mesure la minéralisation d'une eau qui contient 0 gr. 0103 de carbonate de calcium ou 0 gr. 0114 de chlorure de calcium par litre.

La méthode est basée sur la propriété que possède le savon de faire mousser l'eau pure par agitation. L'eau

contenant des sels de chaux ou de magnésie précipite le savon en formant des savons terreux insolubles, de sorte que la mousse persistante ne sera obtenue que lorsque tous ces sels auront été précipités. La quantité de savon à ajouter à l'eau est donc en principe proportionnée à la quantité de sels calcaires ou magnésiens contenus dans l'eau. On dira qu'une eau titre 1, 2, 3, n degrés hydro-timétriques, selon qu'on aura dû ajouter pour produire la mousse 1, 2, 3, n fois 0 gr. 10 de savon.

**Procédé employé : technique de l'examen chimique de l'eau
par les comprimés**

Les méthodes d'examen chimique sont nombreuses, il nous paraîtrait hors de notre sujet de les exposer toutes ici. Nous ne parlerons donc que de la méthode d'analyse par les comprimés, fixée par MM. Pignet et Huc, méthode qui a presque uniquement été employée aux armées, du moins dans les laboratoires divisionnaires.

Cette technique peut rendre de grands services, mais il est absolument nécessaire que la fabrication des comprimés soit parfaite et que leur inaltérabilité soit absolue. Il est recommandé de les conserver en flacons à l'abri de la lumière.

Le matériel nécessaire est le suivant :

- 1) Tubes à essai.
- 2) 1 éprouvette de 100^{cc} graduée par 10^{cc}.
- 3) Quelques verres à expérience.
- 4) 1 ballon de 200 ^{cc}.
- 5) 1 tube à distiller coudé deux fois à angle droit.

- 6) 1 lampe à alcool.
- 7) 2 réactifs liquides $\left\{ \begin{array}{l} \text{Réactif de Nessler} \\ \text{Solution de Mn o } ^4\text{K alcalin.} \end{array} \right.$
- 8) une série de comprimés numérotés :
 - N° 1 d'azotate d'argent
 - « 2 de chromate neutre de potassium
 - « 3 de permanganate de potassium
 - « 4 d'iodure de zinc amidonné
 - « 5 d'acide tartrique
 - « 6 de savon
 - « 7 de carbonate de sodium
 - « 8 de zinc en poudre.

Dosage des matières organiques. — Dans un ballon on introduit 100^{cc} d'eau dans laquelle on fait dissoudre :

- 1 comprimé d'acide tartrique (comprimé N° 5)
- 1 comp. de permanganate de potasse (« N° 3)

On porte à l'ébullition 10 minutes : S'il y a une coloration rose l'opération est arrêtée. Sinon on ajoute un deuxième comprimé de permanganate et si la coloration rosée n'est encore pas atteinte on en ajoute un troisième.

S'il a suffi de 1 comprimé de permanganate pour colorer l'eau, la quantité de matières organiques contenue dans un litre de cette eau fixe moins de 1 milligramme d'oxygène et on dit conventionnellement que l'eau contient moins de 1 milligramme de matière organique par litre.

S'il a fallu 2 comprimés de permanganate pour atteindre la coloration rosée l'eau contient de 1 milligramme 5 à 2 milligrammes de matières organiques par litre.

S'il en a fallu 3, l'eau contient de 3 à 4 milligrammes de matières organiques par litre.

Dosage de l'ammoniaque. — On monte un appareil à distillation.

Dans le ballon on introduit : 50^{cc} d'eau,

1 comprimé alcalin de $\text{Co}^3 \text{Na}^2$ (N° 7).

On distille et on recueille 10^{cc} dans un tube *tube N° 1*. On ajoute 1 à 2 gouttes de réactif de NESSLER. S'il y a une coloration jaune on arrête l'expérience : l'eau est à rejeter.

Si la coloration du *tube N° 2* est jaune faible, l'eau est l'air libre pendant 1/4 d'heure et on ajoute 2 à 3^{cc} de solution de permanganate alcalin.

On distille de nouveau et on recueille successivement dans 3 autres tubes (*tubes N°s 2, 3, 4.*) 1, 2, 3^{cc} d'eau.

On les additionne de réactif de NESSLER et on note :

Si le *tube N° 4* est coloré même très légèrement, l'eau est à rejeter.

Si la coloration du *tube N° 3* est plus que jaunâtre, l'eau est à rejeter.

Si la coloration du *tube N° 2* est jaune faible l'eau est à rejeter.

La limite de la potabilité est marquée par les colorations suivantes ;

Tube N° 1 jaune faible

Tube N° 2 jaunâtre

Tube N° 3 à peine jaunâtre

Tube N° 4 limpide et incolore.

Recherche des nitrites. — Dans 100^{cc} d'eau faire dissoudre :

1 comprimé d'iodure de zinc amidonné (N° 4)

1 « d'acide tartrique (N° 5)

S'il n'y a pas de coloration bleue après 5 minutes, l'eau ne contient pas de nitrites.

S'il y a une coloration bleue, l'eau contient des nitrites.

Dosage des nitrates : Dans la solution précédente (si la réaction a été négative) ajouter : 1 comprimé de zinc en poudre. Le plus souvent il se produit une coloration bleue.

S'il n'y a pas de coloration bleue, l'eau ne contient pas de nitrates.

Si la coloration bleue apparaît en 4 ou 5 minutes l'eau contient 0 gr. 015 de nitrate par litre (limite chimique de potabilité).

Si la coloration bleue apparaît en 2 minutes et devient bleu foncé en 5 minutes, l'eau contient 0 gr. 05 de nitrate et est à rejeter.

Dosage des chlorures. — 1° Faire dissoudre dans 100^{cc} d'eau à analyser, 1 comprimé de chromate de potasse (N° 2).

2° Ajouter un par un le nombre de comprimés d'azotate d'argent (N° 1) nécessaire pour obtenir une coloration rouge pâle.

Soit n le nombre de comprimés employés,

$n \times 0 \text{ gr. } 01 =$ quantité de chlorures (en chlorure de sodium) par litre.

Nota. — La coloration ne doit pas être rouge foncé. Si cette dernière teinte se produisait, il faudrait diminuer le total de 5 milligrammes.

Détermination du titre hydrotimétrique. — On met dans une éprouvette : 40^{cc} d'eau.

On ajoute 1 comprimé de savon (N° 6).

On agite ; s'il se produit de la mousse l'opération est terminée.

Si non on ajoute un par un autant de comprimés de savon qu'il est nécessaire pour obtenir par agitation une mousse persistante.

Chaque comprimé correspond à 4 degrés hydrotimétriques. Pour obtenir le titre hydrométrique de l'eau, on n'a qu'à faire une simple multiplication et réduire le produit de *une* unité, qui est la quantité de savon nécessaire pour former la mousse. Si le dernier comprimé n'est pas complètement dissous, il est facile, d'après le volume qui en reste, de réduire de 1, 2, 3 degrés le résultat, selon que $1/4$, $1/3$ ou $1/2$ de ce comprimé n'aura pas dissous.

Tableau des Limites Chimiques de Potabilité

Admises par le Laboratoire Municipal de Paris

	EN MILLIGRAMMES PAR LITRE			
	Eau Pure	Eau Potable	Eaususpecte	Eau mauv.
Extrait à 180°			> 500°	
Alcalinité en carbonate de chaux			> 250°	
Degré hydrotimétrique total...	5° à 15°	15° à 20°	> 30°	> 100
— après ébullition	2° à 5°	5° à 12°	12° à 18°	> 20
Matières organiques (en oxygène emprunté au permanganate...	< 1	1 à 2	3 à 4	> 4
Nitrates en N O ³ K			> 10	
Ammoniaque.....			0 à 1	> 1
Chlorures en Na Cl.....	< 27	30 à 70	80 à 160	> 160
Sulfates en SO ⁴ Ca.....	3 à 8	8 à 50	50 à 85	> 85
Chaux totale.....			> 200	
Magnésie			> 30	
Phosphates.....			Traces	
Hydrogène sulfuré.....			Traces	

Limites Chimiques de Potabilité d'après F. Baucher

	Eau Pure	Eau Potable	Eau Mauv.	
Température moyenne.....	8° à 12°	8° à 15°	> 15°	
Degré hydrotimétrique total...	5° à 15°	15 à 30°	> 30°	
— — permanent.	2 à 5°	5 à 12°	> 12°	
Résidu fixe à 110°	80 à 200	200 à 500	> 500	
Chlorures en Na Cl.....	3 à 15	15 à 7°	> 70	
Sulfates en SO ⁴ Ca.....	10 à 20	20 à 50	> 50	
Phosphates.....	Néant	Néant	Présence	
Sulfures.....	Néant	Néant	Présence	
Matières organiques, Milieu acid. (en oxygène de per- manganate) — alcalin	< 1	1 à 3	> 3	
Ammoniaque salin et libre....	Traces	< 1	> 1	
— albuminoïde.....	Néant	< 1 10	> 1 10	
Nitrates en N O ³ K	0 à 5	5 à 10	> 10	
Nitrites en N O ² K.....	Néant	< 1 50	> 1 50	
Oxygène dissous (en poids)	12 à 10	10 à 8	< 8	

§ 3 Analyse bactériologique

L'analyse bactériologique paraît de prime abord être la meilleure méthode de détermination de la potabilité d'une eau. Elle renseigne en effet sur la quantité et sur la nature des germes contenus dans cette eau. Il est établi que les eaux ont une teneur microbienne proportionnelle à leur pollution, mais la numération pure et simple des microbes ne suffit pas, car une eau est mauvaise non seulement d'après sa trop grande richesse bactérienne, mais encore d'après sa teneur en espèces pathogènes, telles le vibrion cholérique, le bacile d'EBERTH, le bacile de la dysenterie nostras.

Mais la recherche de ces espèces est, du moins en campagne, particulièrement difficile, pour ne pas dire illusoire ; on tourne la difficulté en recherchant non pas directement ces germes pathogènes mais le *colibacille* qui les accompagne toujours, « un de leurs satellistes obligés et qu'il est plus facile de prendre comme témoin » (Sacquepee et Dopter).

Pratiquement donc une analyse bactériologique convenable comprend d'une part la numération en bloc des bactéries, d'autre part la recherche et la numération du colibacille.

Nous décrirons pour chacune de ces deux opérations le procédé le plus employé.

A. Numération en bloc des bactéries

1° Préparer dans de l'eau stérilisée 3 dilutions de l'eau à analyser, une au 1/10, une au 1/100, une au 1/500,

2° Porter au bain-marie vers 35° ou à l'étuve à 37° (de façon à bien en liquéfier le contenu), 3 tubes de gélatine remplis à 10 ^{cm} de hauteur.

2° Introduire 1^{cc} de chacune des dilutions dans chacun des tubes de gélatine. Bien homogénéiser le mélange en roulant chaque tube entre les mains sans secousse brusque.

4° Introduire le contenu de chacun de ces 3 tubes dans 3 boîtes de PETRI stérilisées d'environ 10 ^{cm} de diamètre intérieur. Remuer avec précaution pour avoir une égale répartition des bactéries.

5° Laisser solidifier la gélatine par refroidissement.

6° Porter les boîtes à l'étuve réglée entre 16 et 18°.

7° Le plus tard possible (15^e jour de préférence) mais avant l'envahissement de la plaque par les espèces liquéfiantes, compter les colonies de chaque boîte.

8° Multiplier par le dénominateur de la fraction indiquant le degré de dilution de l'eau à examiner : On a ainsi le nombre de bactéries contenus dans 1^{cc} de cette eau.

Pour éviter les causes d'erreur, faire plusieurs plaques de même dilution.

On est quelquefois obligé de faire la numération prématurément. Dans ce cas le chiffre trouvé est inférieur au chiffre des germes qui seraient apparus le 15^e jour. On corrige alors en multipliant le chiffre trouvé par les coefficients suivants (Tableau de M. VINCENT)

Si la numération est faite le 2^e jour : on mult. par : 19,6

«	«	3°	«	«	«	8,82
«	«	4°	«	«	«	5,61

«	«	5°	«	«	«	3,86
«	«	6°	«	«	«	3,05
«	«	7°	«	«	«	2,40
«	«	8°	«	«	«	1,82
«	«	9°	«	«	«	1,52
«	«	10°	«	«	«	1,33
«	«	11°	«	«	«	1,19
«	«	12°	«	«	«	1,10
«	«	13°	«	«	«	1,06
«	«	14°	«	«	«	1,04

Interprétation. — M. MIQUEL classe les eaux de la façon suivante d'après leur teneur en microbes :

de 0 à 10 bactéries par ^{cc} eau excessivem. pure
 « 10 à 100 « « « eau très pure
 « 100 à 1.000 « « « eau pure
 « 1.000 à 10.000 « « « eau médiocre
 « 10.000 à 100.000 « « « eau impure
 « 100.000 et au delà « « « eau très impure.
 « 100.000 et au delà « « « eau très impure

D'après F. BAUCHER on peut admettre des limites plus larges, s'il s'agit d'espèces banales à développement lent, tandis qu'au contraire il faut être très sévère, quand on se trouve en présence de germes à développement rapide et amenant une fermentation putride.

B. *Recherche et numération du colibacille* (Méthode de H. VINCENT). — Prendre 7 tubes à essai et 5 ballons (soient 12 récipiènts numérotés).

Mettre dans les 5 premiers tubes à essai ; 10^{cc} de la solution peptonée suivante :

Na Cl	0 gr. 5
Peptone	1
Eau	100
Eau	100

Dans les 7^e et 8^e : 20^{cc} de la même solution.

Dans les ballons respectivement : 0^{cc}20, 0^{cc}40, 1^{cc}, 2^{cc}, 4^{cc}, de la solution peptonée concentrée suivante.

Peptone	50 gr.
Chlorure de sodium	25
Eau	100

Mettre respectivement dans tubes et ballons : 0,05, 0,10, 0,15, 0,50, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 et 200^{cc} de l'eau à analyser.

Phéniquer tubes et ballons à 0,85 pour 1000.

Porter à l'étuve à 41°5.

Au bout de 16 heures examiner les cultures.

Parmi les tubes ou ballons dans lesquels le colibacille s'est développé, noter celui dans lequel on a versé la plus faible quantité d'eau à analyser. On admet conventionnellement que pour cette quantité d'eau il y avait au moins 1 colibacille. Une simple multiplication donnera le nombre de colibacilles au litre.

Interprétation : On admet généralement l'estimation de M. le professeur **VINCENT** dans la détermination de la qualité de l'eau par la colimétrie. Ce sont les suivantes :

10.000 à 50.000 colibacilles par litres indiquent :	{	Eau profondément souillée par des matières fécales, dangereuse pour la boisson.
1.000 à 10.000.....		Eau mauvaise ou très mauvaise, impropre à la boisson.
100 à 1.000.....	{	Eau suspecte.
50 à 100.....		Eau passable ou médiocre.
10 à 50.....		Eau d'assez bonne qualité.
0 à 0.....		Eau pure.

CHAPITRE II

ETUDE CONCRÈTE DES ANALYSES EFFECTUÉES DANS LE SECTEUR

Dans les jours qui précédèrent l'offensive française du 17 avril 1917, les corps de troupes et les formations sanitaires de la division, à laquelle nous avons l'honneur d'appartenir, reçurent l'instruction suivante :

IV^e Armée

17^e C. A. Rapport de la division N° 564 (Extrait)

128^e D. I. du 2 avril 1917

.....
Avant d'utiliser un point d'eau en territoire conquis sur l'ennemi, l'analyse en sera faite par un des laboratoires des groupes de brancardiers divisionnaires ou de corps. A cet effet dès qu'une localité sera occupée par une troupe, le médecin prélèvera immédiatement un échantillon d'eau et le fera expédier par les voies les plus rapides au pharmacien d'un des laboratoires, qui prendra ses dispositions pour en faire l'analyse immédiate et en porter le résultat à la connaissance du chef de l'unité. En attendant, l'usage de ces eaux sera formellement interdit.....

.....
.....Ces mesures apparaissent d'autant plus nécessaires que l'ennemi semble procéder chaque fois qu'il se retire à la destruction ou à la souillure systématique des puits, des fontaines, des forages, etc...

Ces prescriptions furent assez exactement observées : les médecins des corps de troupes envoyèrent au labora-

toire de toxicologie divisionnaire les échantillons des eaux qu'ils découvrirent. Mais le véritable animateur de la lutte contre le péril de l'eau dans ce secteur fut le chef du laboratoire lui-même, M. le Pharmacien-Major de 2^e classe Weitz. Non content d'analyser les échantillons qu'on lui envoyait, il cherchait à découvrir de nouveaux points d'eau, se renseignant par tous les moyens sur leur existence possible, situait ceux qu'il avait découverts, faisait faire les prélèvements, ou plutôt, car il avait appris à compter sur lui-même, les pratiquait en personne, qu'il y eut ou non danger à le faire. C'est grâce à son inlassable activité que les analyses furent nombreuses, que la qualité des diverses eaux fut connue, et que l'épuration se fit dans de bonnes conditions (1).

**Les diverses méthodes employées. — Valeur
de l'analyse chimique.**

Mais dans un laboratoire de toxicologie divisionnaire seul l'examen physico-chimique des eaux était possible. L'analyse bactériologique était du ressort des laboratoires d'armée ou de corps d'armée. Ces laboratoires de bactériologie avaient à s'occuper de plusieurs secteurs et les examens demandaient beaucoup de temps. Il en résultait que les divisions n'avaient à leur disposition qu'un faible nombre d'analyses bactériologiques. Ainsi donc malgré sa valeur ce moyen d'investigation ne pouvait suffire en pratique à la détermination de la potabilité de toutes

(1) M. Weitz a été à cette occasion l'objet d'une citation très élogieuse.

les eaux. Toutefois, si restreintes qu'elles fussent, les analyses bactériologiques étaient loin d'être inutiles, car par comparaison avec les examens physico-chimiques correspondants, elles en étaient un puissant moyen de contrôle et comme nous allons le voir elles servaient, si l'on peut ainsi dire, à étalonner ces derniers.

Nous donnons ci-dessous le tableau comparatif des analyses physico-chimiques et bactériologiques faites dans le secteur.

Tableau comparatif de quelques examens physiques, chimiques et bactériologiques

EXAMEN PHYSIQUE					EXAMEN CHIMIQUE				Analyse Bactériologique		
Numéro du point d'eau	Aspect	Dépôt	Odeur	Température de l'eau	Nitrites	Az II ³	Chlorures en N a cl en milligr.	Matières organiques en milligr.	Degré hydrométrique total	Germes au cc.	B. coli au litre
24	Limpide	A peu près nul	Nulle	10°, 5	Néant	Néant	11	1,5	13°	4600	0
25	Limpide (se trouble momentanément)	Peu abondant	Nulle.	12°	Néant	Néant	11	1	10°	5280	1000
39	Limpide	Peu abondant	Nulle	13°	Néant	Néant	< 10	1,5	21°	4100	0
40	Légèrement louche	Peu abondant	Nulle	11°, 5	Néant	Néant	25	2	21°	8600	0
38	Limpide	Peu abondant	Nulle	13°	Néant	Néant	20	1	19°	650	0
36	Légèrement louche	Peu abondant	Nulle	12°, 5	Néant	Néant Traces	30	2,5	19°	2760	200
46	Limpide	Peu abondant	Nulle	10° 5	Néant	légères	17,5	1,5	17°	7200	1000
42	Limpide	Peu abondant	Nulle	11°	Néant	Traces	17	> 3	17°	17000	20000
50	Limpide	Peu abondant	Nulle	12°, 5	Néant	Néant	14	1,5	15°	40000	0

Si l'on jette un coup d'œil sur les résultats ci-dessus exposés on constate :

1° Que l'eau du point N° 38 qui est limpide, inodore, qui ne contient ni nitrites, ni ammoniacque, pas plus de 1 milligramme de matières organiques et qui par conséquent est une eau bonne physiquement et chimiquement, ne contient pas de colibacille, et ne renferme que 650 germes au centimètre cube, et est également une eau bonne au point de vue bactériologique.

2° Que l'eau du point N° 25 chimiquement bonne, mais que l'examen physique suffit à faire rejeter pour la raison que, limpide ordinairement, elle se trouble par moments et notamment après les pluies, contient 5288 germes au centimètre cube et 1.000 colibacilles au litre, et est également mauvaise au point de vue bactériologique.

3° Que l'eau des points N°s 36, 40, 49, 46 médiocre ou mauvaise au point de vue chimique soit par excès de matières organiques, soit par présence d'ammoniacque est également mauvaise ou médiocre bactériologiquement.

4° Que l'eau des points N°s 24, 39, 50 dont le seul caractère suspect au point de vue chimique est une légère élévation du taux des matières organiques, qui atteint ou dépasse 1 milligr. 5 est suspecte bactériologiquement. Elle ne contient pas de colibacille, mais est assez riche en germes aërobies non spécifiés.

Or, si nous nous reportions aux tableaux que nous avons reproduits di-dessus et qui indiquent les limites chi-

miques de potabilité généralement admises, nous devrions classer ces eaux dans le groupe des eaux potables. Mais d'autre part nous savons que d'après MM. **POUCHET** et **BONJEAN** la limite de tolérance en matière organiques ne dépasse pas 1 milligramme si la matière organique est de provenance animale. Or, il y a bien des chances pour qu'il en soit ainsi dans le secteur dont nous nous occupons actuellement. Et c'est dans ce cas que l'analyse bactériologique nous servira de critérium, d'étalon à l'analyse chimique. Nous modifierons donc, du moins pour les analyses faites dans cette région, l'interprétation généralement admise : la comparaison des analyses chimiques et bactériologiques nous ayant montré la richesse en germes des eaux dont le taux en matières organiques atteint ou dépasse 1 mgr. 5, nous classerons ces eaux désormais sous la rubrique « eaux douteuses ».

Nous arrivons ainsi à des conclusions sensiblement égales à celles qu'a tirées **M. COMTE** de ses recherches sur les eaux de l'Argonne. Cet auteur fixe à 1 mgr. 2 de matières organiques la limite chimique de potabilité.

Nous allons maintenant montrer les résultats qu'a donné l'examen physico-chimique ainsi rectifié. Nous ne pouvons pas donner le détail de toutes les analyses pratiquées, mais après avoir exposé 5 analyses chimiques, faites dans le secteur et que nous considérons comme typiques, nous produirons un tableau indiquant la qualité de l'eau de chaque puits avec les raisons justifiant le classement que nous avons fait.

Type d'analyse d'une eau potable. Analyse N° 491.

Désignation du point d'eau. Point d'eau N° 12 : Bois-Sacré.

Date du prélèvement : Dimanche, 6 mai 1917.

Etat atmosphérique : Beau temps. Pluie la veille.

Causes apparentes de contamination : Néant.

Aspect : Limpide.

Dépôt : Nul.

Odeur : Nulle.

Température de l'eau : 10°5.

Nitrites : Néant.

Ammoniaque : Néant.

Chlorures en Na Cl : 11.

Matières organiques : Nettement moins de 1 milligramme.

Degré hydrotimétrique total : 13°.

Appréciation : Eau chimiquement pure.

Type d'analyse d'une eau douteuse. Analyse N° 525.

Désignation du point d'eau : Point d'eau N° 26 : Bois O. 8.

Date du prélèvement : Lundi 4 juin 1917.

Etat atmosphérique : Beau temps 21 à 29°.

Causes apparentes de contamination : Néant.

Degré hydrotimétrique total : 13°

Aspect : Légèrement louche.

Dépôt : Peu abondant.

Odeur : Nulle.

Température de l'eau : 11°5.

Nitrites : Néant.

Ammoniaque : Néant.

Chlorures en Na Cl : 20.

Matières organiques : 1 mgr.5.

Degré hydrotimétrique total : 10°.

Appréciation : Eau douteuse, à javelliser (IV gouttes pour 10 litres).

Type d'analyse d'une eau médiocre. Analyse N° 514.

Désignation du point d'eau : Point d'eau N° 6 : Boyau de la Sapinière.

Date du prélèvement : 30 mai 1917.

Aspect : Limpide.

Dépôt : Terreux peu abondant.

Odeur : Nulle.

Nitrites : Néant.

Ammoniaque : Néant.

Chlorures en Na Cl : 11.

Matières organiques : 2^{mgr}.5.

Degré hydrotimétrique total : 15°.

Appréciation : Eau médiocre en raison du taux élevé de matières organiques ; à javelliser (VIII gouttes pour 10 litres).

Type d'analyse d'une eau mauvaise. N° de l'analyse 515.

Désignation du point d'eau : Point d'eau N° 49 : Est du quartier Fleurus.

Date du prélèvement : Jeudi 31 mai 1917.

Etat atmosphérique : Beau temps. Brume, 20°.

Causes de contamination : Passage d'un égout. Voisinage des écuries.

Aspect : Limpide.

Dépôt : Presque nul.

Odeur : Nulle.

Nitrites : Néant.

Ammoniaque : Traces.

Chlorures en Na Cl : 17^{mgr}.5.

Matières organiques : 3^{mgr}.

Degré hydrotimétrique total : 17°

Appréciation : Eau mauvaise.

Type d'analyse d'une eau très mauvaise, dangereuse. Analyse
N° 484.

Désignation du point d'eau : Point d'eau N° 9, de la Tran-
chée de Ham.

Date du prélèvement : Jeudi, 3 mai 1917.

Causes de contamination : Eau stagnante dans le fond
d'une sape profonde.

Aspect :	Trouble.
Odeur :	Odeur douteuse à chaud.
Nitrites :	Néant.
Ammoniaque :	Traces.
Chlorures en Na Cl :	20 ^{mgr.} 5.
Matières organiques :	10 ^{mgr.}

Appréciation : Eau dangereuse à ne pas employer.

TABLEAU INDIQUANT LA QUALITÉ DES EAUX DU SECTEUR DE MOUTMELON-LE-GRAND

SITUATION		NUMÉROS DES ANALYSES		Numéros des Points d'eau		RAISONS JUSTIFIANT LE CLASSEMENT			
						EAUX BONNES	EAUX DOUTEUSES	EAUX MÉDIOCRES	EAUX MAUVAISES
ZONE A OU DE L'INFANTERIE	Tranche du Mont	Sans-Nom	Boyau Cernowitz	522	2			+	Matières organiques 2 milligrammes ;
	Tranche de la Mosquée		Hexenweg	479	3			+	Aspect louche. Matières organiques 2 milligrammes
	Tranche du Golfe		Tranchée de Ham	484-487	9			+	Aspect louche. Traces d'ammoniaque. Mat. org. > 10 mgr.
			Tranchée Bethmann-Holweg	534	1	+			
			Bois 132	490-531	4			+	Aspect louche. Matières organiques 2 milligrammes
			Bois en pioche	483-530	+				
			Centre des guetteurs	497-527	40		+		Aspect louche. Traces d'ammoniaque. Mat. org. > 10 mgr.
			Tranchée de Bayreuth	476	5				Aspect louche. Matières organiques 2 milligrammes
			Boyau de la Sapinière	514	6			+	Aspect louche. Traces de nitrite et d'ammoniaque. Mat. org. 2 mgr.
			Tranchée Pivot	513	8			+	Matières organiques 1 mgr. 5
ZONE B			Centre Jubault	496-533	11			+	Matières organiques > 2 mgr. 5
			Bois Sacré	491-532	12	+			Matières organiques 2 mgr. 5
								+	Matières organiques 2 mgr. 5
								+	Matières organiques 3 mgr. 5
								+	Matières organiques 2 mgr.
RÉCAPITULATION POUR LA ZONE A.				2	1	5	4	TOTAL	12
TILLERIE			Centre Lauzon	493-535	21	+			
			Bois du Parc	506	22			+	Aspect louche, matières organiques 2 mgr.
			Bois Laval	494	23	+			
			Village Gascon	516	24			+	Ammoniaque. Matières organiques > 1 mgr. 5

RÉCAPITULATION POUR LA ZONE B.

P. C. Verdun	524	31			+ Traces d'ammoniaque.
Ouvrage de Baconnes	527	32	+		
Bivouac des réserves	521	33	+		
Baconnes (village)	499	34			+ Matières organiques 2 mgr. Chlorures 64
id.	500	35			Asp. louche, mat. org. 2 mgr., dépôt avec filaments mycéliens
id.	510	36			Matières organiques 2 mgr. 5.
id.	511	37	+		Matières organiques 1 mgr. 5
id.	512	38	+		
id.	508	39	+		
id.	509	40			+ Matières organiques 2 mgr.

Traces d'ammoniacque. Matières organiques 1 mgr. à

Traces d'ammoniaque, matières organiques / 3 mgr.
Matières organiques 4 mgr 5

SYNTHÈSE

13	2	3	2	TOTAL	22
----	---	---	---	-------	----

RECAPITULATION TOTALE

17 4 11 8 TOTAL GÉNÉRAL 50

Au total 40 points d'eau repérés et analysés, dont 17 donnent une eau potable.

4 donnent une eau douteuse

11 » » » médiocre

8 » » » mauvaise.

L'eau potable, abondante dans la zone de l'arrière, devient plus rare dans la zone de l'artillerie, plus rare encore dans la zone de l'infanterie, inexistante dans la Tranche du Mont-Sans-Nom où les combats ont été le plus violents, où le sol a été le plus bouleversé, où il y a eu le plus de cadavres, où l'assainissement a été le moins facile.

Tel est l'état des eaux du secteur. Il nous reste à étudier les mesures prises pour éviter les dangers que pouvait en occasionner la consommation.

TROISIEME PARTIE

La prophylaxie

CHAPITRE PREMIER

ETUDE GÉNÉRALE DES DIVERS MODES

D'ÉPURATION DES EAUX

L'analyse des eaux n'est en quelque sorte que la partie indicatrice des mesures prophylactiques à prendre ; la partie active réside principalement dans l'épuration qui doit être le corollaire des analyses.

Les modes d'épuration préconisés ou pratiqués aux armées ont été nombreux et variés, mais la méthode de beaucoup le plus employée a été la javellisation. Nous passerons rapidement en revue les méthodes de stérilisation autres que la javellisation, puis nous étudierons plus complètement cette dernière méthode.

§ 1. Les méthodes d'épuration autres que la javellisation

L'ébullition. — La chaleur est le procédé le plus sûr pour obtenir une stérilisation complète de l'eau.

Déjà une température de 70° pendant 10 minutes suffit pour détruire tous les microbes, pathogènes ou non, dépourvus de spores. Pour tuer les microbes sporulés, il est nécessaire de maintenir la température à 100° pendant 10 à 15 minutes. Très rares et pour la plupart inoffensives sont les spores résistant encore à cette température ; pour les détruire il faut une température de 115° pendant 15 minutes.

Aux armées pour faire accepter l'eau bouillie on recommandait l'emploi d'infusions telles que le thé, le café, préparées aux cuisines par compagnies. Malheureusement les cuisines étaient souvent éloignées de leurs unités et le transport de l'eau ainsi épurée nécessitait des corvées pénibles.

Epuraton par les agents chimiques : Permanganation.
— Le permanganate de potassium, oxydant onergique, est un excellent agent d'épuration ; en outre la teinte légèrement rosée qu'il communique à l'eau et qui doit persister quelque temps permet de s'assurer que l'eau a été réellement épurée.

Les procédés sont nombreux : le plus simple consiste à ajouter à une quantité déterminée d'eau quelques gouttes d'une solution de permanganate jusqu'à coloration rosée persistante ; l'excès de permanganate est enlevé par addition d'une infusion végétale ou d'un peu de sucre.

Le procédé le plus employé est le procédé **Georges LAMBERT** qui se pratique de la manière suivante :

Dans l'eau à épurer on verse la poudre ci-dessous indiquée dite poudre *oxidante* ou poudre grise :

Permanganate de potasse 0 gr. 12.

Bioxyde de Manganèse 0 gr. 10.

Talc en poudre 0 gr. 74.

Carbonate de chaux 0 gr. 04.

On agite et on laisse en contact 30 minutes. L'eau doit conserver une teinte rosée.

Au bout de ces 30 minutes, on ajoute la poudre suivante dite poudre *réductrice* ou poudre blanche :

Hyposulfite de soude 0 gr. 12.

Talc en poudre 0 gr. 88.

On agite.

Au bout d'une dizaine de minutes il se forme un précipité brun jaunâtre qui se dépose au fond du récipient en « collant » les particules en suspension.

On filtre et l'eau peut dès lors être consommée.

La quantité d'eau sur laquelle on opérera avec les doses ci-dessus indiquées variera avec sa transparence. Elle sera de 10 litres s'il s'agit d'une eau limpide, de 2 litres s'il s'agit d'une eau très trouble.

M. PENAU (1915) a préconisé un dispositif permettant la stérilisation individuelle par la permanganatation : 2 douilles de cartouches **LEBEL** sont soudées par leur base et contiennent respectivement les poudres suivantes :

Permanganate de potasse pulvérisé 5 parties

1° Sulfate de soude sec pulvérisé 3 »

Carbonate de chaux précipité 2 »

2° Hyposulfite de soude pulvérisé 3,5 parties

Sulfate de soude sec pulvérisé 3,5 »

Carbonate de chaux pulvérisé 3 »

Chaque douille est fermée par un bouchon bouché.

Mode d'emploi : Verser dans 1 bidon d'eau le contenu du bouchon doseur de poudre N° 1.

Agiter, attendre 30 minutes.

Ajouter le contenu du bouchon doseur de poudre N° 2.

Agiter. L'eau est ainsi stérilisée et peut être bue immédiatement.

Quelque ingénieux que soit ce procédé, il aurait été, si on l'avait adopté, voué à un échec certain : transformé par 60 % des hommes en briquet, porte-plume, étui à aiguilles, etc., le dispositif eut été perdu par 30 %, vide de son contenu chez 5 % et inutilisé ou mal utilisé par les autres.

Les résultats de la permanganatation au point de vue de l'épuration biologique de l'eau sont excellents.

Iodation ou épuration par l'iode à l'état naissant. — Pour épurer l'eau par l'iode naissant on fait agir l'acide tartrique sur l'iodure de potassium.

Le procédé le plus employé est celui de M. le médecin-inspecteur **VAILLARD**.

On fait dissoudre dans un peu d'eau les 2 comprimés suivants :

- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| 1° Comprimé bleu : | { Iodure de potassium 1 gr. |
| — | { Iodure de sodium 0,156 |
| 2° Comprimé rouge : | Acide tartrique 1 gr. |

On verse la solution dans dix litres d'eau à épurer et on laisse 10 minutes.

On décolore ensuite avec le comprimé blanc suivant :

Hyposulfite de soude cristallisé 1 gr. 16

Excellent au point de vue de l'épuration ce procédé présente l'inconvénient de laisser dans l'eau à boire des traces d'iodure de sodium.

On peut opérer aussi avec la solution forte de LUGOL.

Iode 1 gr.

Iodure de potassium 2 gr.

Eau 30 gr.

Verser cette solution goutte à goutte dans l'eau à épurer jusqu'à légère coloration brunâtre.

Agiter et attendre 20 minutes.

Décolorer avec une solution d'hyposulfite de soude.

Agiter, l'eau est propre à la consommation.

Epuration par l'hypochlorite de calcium. — MM. VINCENT et GAILLARD ont préconisé l'emploi d'hypochlorite de calcium. L'hypochlorite de calcium, solide, facilement divisible, pouvait être livré en comprimés dosés pour stériliser 1, 2, 5, 10 litres d'eau et ainsi se prêtait à la stérilisation individuelle comme à la stérilisation collective.

Les comprimés individuels (pour 1 litre d'eau) avaient la composition suivante :

Hypochlorite de calcium 0 gr. 015

Chlorure de sodium 0 gr. 08

et contenaient 3 milligrammes de chlore actif.

Il suffisait de placer un de ces comprimés dans un bidon de soldat plein d'eau pour obtenir une stérilisation à peu près parfaite au bout de 20 minutes.

Nous n'avons jamais vu employer cette méthode excellente et si remarquablement simple.

Cloration. — Nous ne ferons que signaler sans la décrire cette méthode de l'eau par le chlore liquide et qui consiste à amener directement le chlore, contenu dans des réservoirs, dans l'eau à épurer. Cette méthode qui n'est pas une méthode de campagne pratique est surtout utilisée en Amérique pour la stérilisation de l'eau des grandes villes.

§ 2. La javellisation

Définition. — On a donné le nom de « Javellisation » à une méthode qui a pour but l'épuration de l'eau par addition d'une certaine quantité d'extrait de Javel.

On appelle extrait de Javel une solution concentrée d'hypochlorite de soude (1) ; la solution employée aux armées contenait de 50 à 60 grammes de chlore actif par litre.

La javellisation n'est donc qu'une méthode de stérilisation par les hypochlorites alcalins. Elle a été la plus employée aux armées et quoiqu'on en ait pu dire elle est la meilleure et la plus pratique. Elle peut en effet s'appliquer à la stérilisation individuelle comme à la stérilisation collective, aussi bien aux petites unités telles qu'une compagnie, une section, qu'aux grandes agglomérations comme les grands cantonnements d'arrière.

(1) Le terme « eau de Javel », détourné aujourd'hui de son sens primitif, désignait autrefois la solution aqueuse d'hypochlorite de potasse.

b) *Après titrage de l'extrait de javel de façon à stériliser à raison de :*

un milligramme de chlore actif par litre

pour une teneur en matière organique

de..... 1 milligramme

deux à trois milligrammes de chlore actif

par litre pour une teneur inférieure à 2 milligrammes

trois à cinq milligrammes de chlore actif

par litre pour une teneur supérieure à 2 milligrammes

4° Déterminer l'indice de chlore (1) (COSTA et H. PECKER).

L'indice de chlore d'une eau exprime en milligrammes la quantité de chlore absorbée par un litre d'eau qui a été en contact 30 minutes avec 5 milligrammes de chlore sous forme de solution hypochloritée, et détermine la quantité de chlore nécessaire pour épurer un litre de cette eau.

L'épuration par ce procédé ne peut se faire qu'après titrage de l'extrait de javel à employer.

5° Déterminer empiriquement pour chaque eau à épurer la quantité d'extrait de javel nécessaire (sans titrage de la liqueur). ..

(1). M. Costa et H. Pecker, après avoir introduit dans l'eau une quantité déterminée de chlore sous forme de solution hypochloritée, dosent au bout d'un certain temps la quantité de chlore restée libre dans l'eau ; la différence entre la quantité versée, et la quantité retrouvée au dosage est égale à la quantité de chlore absorbée. Cette dernière quantité varie avec les diverses eaux et dans une même eau, selon la dose initiale versée et selon la durée du contact. M. Costa et H. PECKER pensent qu'en fixant à 5 milligr. la dose initiale et à 30 minutes la durée du contact dans un litre d'eau, on arrive en opérant sur des eaux différentes, à avoir des résultats suffisamment variables pour que la quantité de chlore fixée ainsi déterminée soit un indice suffisant de la qualité de l'eau et corresponde à peu près exactement à la quantité de chlore nécessaire pour stériliser cette eau.

On procède de la façon suivante :

Diluer l'extrait de javel au 1/100.

Mettre dans une série de 8 ballons ou de flacons, 100^{cc} d'eau à épurer. Les numérotés de 1 à 8.

Verser dans chacun de ces flacons respectivement I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII gouttes^e de la dilution de javel.

Laisser 30 minutes en contact en évitant la lumière solaire directe.

Verser une petite quantité du contenu de chaque flacon dans autant de tubes à essai.

Verser quelques gouttes du réactif empois d'amidon ioduré dans chacun de ces tubes en faisant couler le long de la paroi. A la zone de contact il se produit dans certains tubes une coloration bleue.

Noter le numéro le plus bas des flacons dont le contenu se colore en bleu. Ce numéro indique le nombre de gouttes d'extrait de javel pur qu'il faut employer pour 10 litres d'eau à stériliser (GASCARD et Guy LAROCHE, modifié).

Durée de contact. — La durée de contact de l'extrait de javel avec l'eau suffisante pour la stérilisation est en principe de 30 minutes. Toutefois certaines circulaires ont prescrit un contact plus prolongé avant la consommation de l'eau.

Faut-il neutraliser l'excès de chlore ? — L'eau javellisée avait parfois une saveur de chlore plus ou moins prononcée. Pour la faire disparaître, on préconisait l'addition d'une faible quantité d'hyposulfite de soude

qui fixait le chlore. L'inconvénient de cette pratique était que l'hyposulfite, ajouté en général en trop grande quantité, rendait l'eau alcaline et la transformait en un milieu de culture favorable au développement des microbes.

La saveur chlorée se manifestait surtout lorsque l'eau avait été javellisée à l'aveugle, elle était beaucoup moindre lorsqu'on déterminait au préalable la quantité d'extrait de javel à ajouter. Mais dans un cas comme dans l'autre, nous n'hésitons pas à affirmer que cette saveur n'était jamais très prononcée.

Nous avons pour notre consommation personnelle utilisé à un moment donné une eau javellisée à raison de 1 goutte par litre, ce qui est une dose considérable et qui n'était jamais atteinte dans la javellisation collective. Cette eau était très acceptable et nos commensaux n'y trouvaient aucun désagrément.

A une table d'officiers du quartier général de notre division une main prudente a durant deux mois et à tous les repas javellisé l'eau de boisson à la même dose : les officiers mangeant à la dite table ne s'en sont jamais aperçus.

Nous le proclamons hautement : le prétendu mauvais goût de l'eau javellisée a été très fortement exagéré par les dénigreurs systématiques, les perpétuels mécontents, les « fortes têtes », les sceptiques orgueilleux « à qui on ne la fait pas » et les critiques qu'ils ont formulées ont trouvé un excellent milieu de développement dans la collectivité militaire. Et nous ajoutons : les mêmes qui ont refusé sous prétexte de saveur désagréable l'eau javel-

e, n'ont pas trouvé meilleure l'eau javellisée hyposulfite.

En somme 1° l'eau javellisée ne possède pas de saveur orée appréciable lorsque la quantité d'extrait de javel verser a été calculée.

° L'eau javellisée à l'aveugle a une saveur chlorée, supportable.

° L'eau javellisée hyposulfitée constitue un milieu de culture favorable aux microbes ce qui est un gros inconvénient pour la javellisation collective et en particulier pour la javellisation en tonneaux de bois.

1° L'eau javellisée hyposulfitée ne satisfait pas ceux qui dénigrent l'eau javellisée non hyposulfitée.

Il faut ne verser dans l'eau à épurer que la quantité d'extrait de javel nécessaire et qui sera fixée après recherche et il peut être dangereux de neutraliser l'excès de chlore par l'hyposulfite de soude.

Si cependant on veut à tout prix, pour satisfaire les personnes au goût très délicat, enlever l'excès de chlore, on aura recours à la neutralisation par l'eau oxygénée, qui non seulement ne présente pas les inconvénients de l'hyposulfite de soude mais encore joint à son action neutralisante une action épurative par oxydation



Comment la javellisation était pratiquée. — Nous envisagerons successivement :

a) la javellisation dans les grands cantonnements ou dépôts importants.

b) la javellisation dans les zones de combat.

La javellisation individuelle.

La javellisation dans les grands cantonnements ou bivouacs importants. — Dans les villes et villages, dans les grands camps, dans tous les endroits où se trouvait une forte concentration de troupes tant fixe que de passage, des postes d'eau potable étaient aménagés et entretenus soit par les soins du major de cantonnement soit par les groupes de brancardiers sous la direction du pharmacien toxicologue, soit par le médecin chef de l'unité principale. Ces postes d'eaux fournissaient l'eau javellisée selon des modes un peu différents. Il nous faut étudier :

- 1° la javellisation en tonneaux de bois.
- 2° la javellisation en cuves de ciment.
- 3° la javellisation par voiture T. C. F.
- 4° les autres procédés.

JAVELLISATION EN TONNEAUX DE BOIS

A. Installation du poste. — On choisissait un emplacement de préférence à l'ombre pendant la plus grande partie de la journée. Les tonneaux devaient être debout, placés sur un support d'environ 60 à 80 centimètres au-dessus du sol, le fond supérieur devait être enlevé et servir de couvercle mobile. Un robinet était placé à la partie inférieure.

Ces tonneaux devaient toujours être groupés par deux, chaque tonneau avait généralement une capacité de 200 litres.

Il était recommandé d'édifier au dessus du groupe

de tonneaux un toit préservateur en paille ou en planches.

B. Pratique de la javellisation. — La javellisation était pratiquée tous les jours dans l'un des deux tonneaux et alternativement.

Le 1^{er} tonneau ayant été préalablement nettoyé on y versait 100 litres d'eau ; on ajoutait l'extrait de javel nécessaire ; on remplissait complètement d'eau et on brassait l'eau avec un bâton propre. On laissait 24 heures durant lesquelles on accrochait une pancarte portant la mention : « Eau en voie de stérilisation ».

Le lendemain après avoir pratiqué la même opération dans le deuxième tonneau, on plaçait sur ce dernier la pancarte précédente et sur le 1^{er} une deuxième pancarte portant la mention : « Eau stérilisée ».

Cette méthode a été l'objet de nombreuses critiques de principe et de fait. Voici la principale critique théorique : « La rapidité de combinaison du chlore avec le bois paraît au moins égale même supérieure à celle du même agent pour les matières organiques de l'eau, il en résulte que dans ces récipients (tonneaux) la disparition du chlore peut être complète en peu de temps ». (*Guillaumin et Vienne 1915*). — Ainsi donc, le chlore serait trop vite fixé par le bois pour pouvoir stériliser l'eau.

Pratiquement de nombreuses analyses d'eau javellisée en tonneaux de bois ont montré la richesse de ces eaux en germes et notamment en colibacilles.

Pour parer à l'inconvénient de la fixation du chlore

par le bois, on a préconisé l'asphaltinage ou le paraffinage de l'intérieur des tonneaux.

Or les analyses bactériologiques d'eau javellisée en tonneaux asphaltinés ou paraffinés n'ont pas donné des résultats meilleurs que celles précédemment signalées.

D'autre part les expériences de **FABRE** (*in* thèse pharmacie Montpellier) montrent l'amélioration considérable et parfois la stérilisation complète de l'eau javellisée en tonneaux de bois ordinaires mais très proprement tenus. Ces expériences montrent également que plus un tonneau a servi à la javellisation, plus la stérilisation est satisfaisante et plus le chlore reste longtemps à l'état libre.

Il faut donc conclure que les mauvais résultats enregistrés sont plutôt dus au mauvais entretien des tonneaux de bois qu'à la nature de leur paroi, que la javellisation en tonneaux de bois n'est pas une méthode parfaite et qu'il est incontestable que le chlore y est plus rapidement fixé que dans les autres récipients, mais que si l'on prend soin de bien entretenir les tonneaux, de pratiquer la javellisation *au moins* toutes les 48 heures et de *vider et rincer le récipient chaque fois que l'on renouvelle la stérilisation*, cette pratique est très satisfaisante et rend de grands services.

Stérilisation en cuves de ciment. — La pratique était la même que pour la stérilisation en tonneaux de bois : les cuves étaient couplées, placées à l'ombre, l'eau était changée tous les jours dans chaque cuve et la javellisation était alternative. Les cuves avaient une capacité

beaucoup moindre que les tonneaux, ce qui était plutôt un avantage qu'un inconvénient. En forme de parallépipèdes rectangles elles présentaient une large ouverture à leur extrémité supérieure qui se fermait par une plaque étanche, un robinet à 3 centimètres de la partie inférieure destiné à l'approvisionnement, un trou de vidange sur la partie inférieure au point le plus déclive.

Ces cuves ont donné des résultats très satisfaisants. La stérilisation s'y effectuait bien, de plus, l'eau qu'elles renfermaient gardait sa fraîcheur et n'avait pas le goût de fûtaille de celle qui avait séjourné dans les tonneaux de bois.

Elles présentaient un très gros inconvénient : leur poids était considérable.

Javellisation dans les voitures du Touring club.

Les voitures offertes à l'armée par le Touring-Club de France et communément appelées voitures T. C. F. étaient essentiellement constituées par deux réservoirs métalliques, d'une capacité de 1.500 litres chacun dans lesquels s'effectuait la javellisation. L'eau y était refoulée au moyen d'une pompe et traversait avant d'y pénétrer un clarificateur à éponges.

L'extrait de javel y était introduit par un orifice ménagé à cet effet dans le couvercle. Le brassage était assuré par un agitateur à lames avec manivelle. Pour la distribution chaque réservoir était muni de 5 robinets. De plus une pompe permettait le remplissage de tonneaux mobiles qui pouvaient venir s'approvisionner à la voiture.

Comme dans les tonneaux de bois et les cuves, la stérilisation était alternative : un réservoir contenait l'eau stérilisée, le 2^e l'eau en voie de stérilisation, et en cas de besoin, l'opération était répétée plusieurs fois par jour.

Bien entretenues, ces voitures ont donné des résultats parfaits. Mal entretenues des résultats très mauvais ce qui prouve une fois de plus qu'il ne faut pas toujours incriminer la nature des parois du récipient).

Voici quelques résultats concernant des voitures bien entretenues :

27 Mai 1917. Point d'eau du quartier-Fleurus (Est) :

	Avant l'épuration	Après l'épuration
Germes au cc.	17.000	360
Coli au litre	20.000	0

21 Juin 1917. Point d'eau du quartier-Fleurus (Est) :

	Avant l'épuration	Après l'épuration
Germes au cc.	1.420	360
Coli au litre	200	0

17 Septembre 1916. Boncourt (Meuse) :

	Avant épuration	Après épuration
Coli au litre	1.000	10

in Thèse CHAUSSIER, voiture N° 66 :

Germes par cc.	110	50
Coli au litre	10	0

Le gros inconvénient de ces voitures était leur énorme poids. A vide il fallait 4 chevaux pour les traîner. Pleines elles étaient intransportables et devaient être étayées sur chambrières.

LES AUTRES PROCÉDES

Procédé ROLLAND. — Ce procédé utilise deux ton-

neaux, l'un supérieur, l'autre inférieur, communiquant par l'intermédiaire d'un filtre.

Dans le tonneau supérieur ou pratique la javellisation de façon à communiquer à l'eau un goût de chlore manifesté. Après brassage et contact d'une heure au moins, on ouvre le robinet qui conduit l'eau dans un filtre composé comme suit de bas en haut :

- 1° Tampon d'étoupe.
- 2° Diaphragme percé de trous.
- 3° Charbon de bois finement pulvérisé.
- 4° Sable fin.
- 5° Charbon de bois grossièrement pulvérisé.
- 6° Sable grossier.
- 7° Charbon de bois (braise des boulangers).
- 8° Galets ou brique concassée.

Après avoir traversé le filtre auquel elle abandonne son excès de chlore l'eau se déverse dans le tonneau inférieur elle est alors propre à la consommation. Un robinet en permet la distribution.

Javellisation automatique

Les divers procédés que nous venons de passer en revue nécessitaient pour être efficaces des soins d'entretien minutieux et constants, d'où l'emploi d'une main-d'œuvre assez considérable. Ils ne permettaient pas, d'autre part, d'assurer un débit d'eau important et régulier. Aussi a-t-on cherché à réaliser automatiquement la javellisation à la prise d'eau.

Nous décrirons les procédés les plus simples.

Javellisation à la source. — Ce procédé consiste à ajouter à la source même la quantité d'extrait de javel nécessaire à l'épuration de l'eau. L'écoulement de l'extrait de javel est constant et est proportionné au débit de la source.

Voici la pratique du procédé :

La source était captée dans une cuve de ciment de 2 mètres cubes recouverte d'un toit en bois doublé de zinc. Par un trou ménagé dans ce bois passait l'extrémité effilée d'un tube de verre raccordé par un tube de caoutchouc à un tonnelet contenant l'extrait de javel dilué d'une façon déterminée d'après l'analyse chimique de l'eau. Le débit du liquide stérilisant était réglé par une pince tenant le tube de caoutchouc.

L'eau s'écoulait par un trop plein dans une deuxième cuve placée à la suite de la première. C'est dans cette deuxième cuve que l'on pouvait venir puiser l'eau à consommer. De cette cuve pouvaient également partir des canalisations alimentant toute une agglomération. Un homme était chargé de la surveillance et du remplissage du tonnelet d'extrait de javel.

Procédé ORTICONI. — Le procédé que nous venons de décrire n'est applicable que dans les endroits où se trouvent des sources naturelles, ce qui n'est pas toujours le cas. Le procédé **ORTICONI** réalise la javellisation automatique par pompe quelle que soit la nature de la prise d'eau (source, puits, citerne, étang, rivière, etc.). Il consiste dans le branchement sur le tuyau d'aspiration de la pompe d'un tube de verre effilé qui communique d'autre part à une bonbonne contenant l'extrait de

javel. L'effilure du tube de verre est calculée de façon à proportionner le débit de l'extrait de javel au débit de l'eau aspirée. Les expériences ont montré qu'avec des doses variant de 0 millig. 6 à 0 millig. 8 de chlore par litre on obtenait la stérilisation d'une eau franchement mauvaise en 10 à 15 minutes.

Javellisation dans les zones de combat

D'une façon générale la javellisation a été correctement pratiquée dans les gros cantonnements où elle était l'objet d'une surveillance et d'un contrôle vigilants. Dans les petits villages ou camps moins importants, où ne se trouvait qu'une faible densité de troupes en réserve ou au demi-repos, elle était également pratiquée de façon satisfaisante, mais les négligences étaient déjà plus fréquentes. Dans les tranchées d'infanterie, dans les emplacements de batteries, l'épuration des eaux laissait fréquemment à désirer. Mais ici il faut faire une distinction entre les secteurs dits calmes et les secteurs dits d'attaque. Dans les premiers, on pouvait organiser des postes d'eau dans les tranchées, postes le plus souvent constitués par des couples de tonneaux tels que nous les avons décrits précédemment et placés généralement à proximité des postes de secours. Dans certains endroits même, nous avons vu des canalisations amener l'eau javellisée automatiquement jusqu'au niveau des postes de commandement des régiments. C'est à ces postes d'eau potable que les compagnies venaient s'approvisionner par corvées organisées.

Dans les autres secteurs le problème était plus difficile à résoudre, les grands postes d'eau potable ne pouvaient se trouver qu'à des distances assez grandes des troupes, les corvées étaient pénibles et dangereuses. Parfois même à certains endroits et à certaines époques Verdun, septembre 1917, il aurait fallu se rendre à 15 kilomètres en arrière des premières lignes pour trouver un poste d'eau javellisée. Il en résultait, que les hommes souffrant de la soif et dont le ravitaillement ne pouvait pas se faire en étaient réduits à boire n'importe quelle eau, voire même celle qui stagnait depuis plusieurs jours dans les trous d'obus.

Que pouvait-on faire dans ces cas-là ? Il fallait recourir à une sorte de javellisation en petit. On pouvait procéder de la façon suivante : 1° s'approvisionner en eau en un point quelconque, 2° répartir l'eau dans des récipients mobiles de faible capacité, et les placer à proximité des emplacements des compagnies ou des sections, 3° javelliser cette eau avant d'en permettre la consommation.

Cette pratique a été assez peu employée : elle était impraticable dans les secteurs très actifs, comme par exemple les secteurs au nord de Verdun.

Il ne restait plus comme suprême ressource que *l'épuration individuelle*... qui a été encore moins pratiquée que la méthode précédente.

Javellisation individuelle

Méthode qui a eu peu de succès, la javellisation individuelle était possible et efficace. Nous même l'avons em-

ployée à un moment donné. Nous nous contentions de verser un goutte d'extrait de javel dans un litre d'eau. Mais cela était une dose très forte et qui eût été difficilement acceptée. Il suffisait pour remédier à cet inconvénient de diluer l'extrait de javel au quart et de verser dans un bidon d'eau à épurer II ou III gouttes de cette solution. On aurait pu doter chaque gradé d'une petite bouteille de liquide stérilisateur et le charger de javelliser l'eau consommée par ses camarades

CHAPITRE II

LES MESURES PRISES DANS LE SECTEUR AU NORD DE MOURMELON

Dans les villages : Mourmelon-le-Grand (ville). — 2 postes d'eau javellisée en tonneau de bois au niveau des points d'eau 44 et 45, respectivement à raison de IV et VI gouttes d'extrait de javel pour 10 litres d'eau.

Le point d'eau 46 (abbatoirs) n'est pas utilisé.

Mourmelon-le-Grand (Quartier Fleurus). — 1 poste d'eau javellisée par voiture T. C. F. au niveau du point d'eau 49 à raison de V gouttes d'extrait de javel pour 10 litres d'eau.

Les eaux provenant des points 47, 48, 50, chimiquement bonnes ne sont pas javellisées.

Baconnes : Les eaux des points 34, 35, 36, 40, sont pros-crites. Un poste de javellisation par tonneaux de bois est installé dans le village.

Bouy (Ambulances) : Eaux chimiquement bonnes non javellisées, utilisées par les ambulances après ébullition.

Dans les bivouacs d'arrière : Fourche. — Point d'eau n° 43. Eau potable non javellisée.

Bivouac du bois de la côte 137.

Point d'eau n° 42. Eau potable non javellisée.

Espérance : Point d'eau n° 41. Eau potable non javellisée.

Bivouac des réserves : Point d'eau n° 33. Eau potable non javellisée.

Ouvrages de Baconnes : Point d'eau n° 32. Eau potable non javellisée.

P. C. Verdun : Point d'eau n° 31.

Eau mauvaise javellisée par les soins d'un infirmier attaché au q. g. de la Division en récipients métalliques de faible capacité, à raison de VI gouttes d'extrait de javel par 10 litres d'eau.

Dans la zone de l'artillerie et du génie

Les très nombreuses batteries qui sont dispersées dans cette zone assez étroite ont à leur disposition non seulement les points d'eau qui y sont situés mais aussi ceux très voisins du sud de la zone de l'infanterie et en particulier le point n° 12 du Bois-Sacré.

Voici quelles sont les mesures prises dans cette zone :

Le puits du « Bois-du-Parc » (N° 22), depuis longtemps d'ailleurs spontanément abandonné par les troupes, est proscrit. L'approvisionnement en eau des troupes voisines se fait au Bois-Sacré.

Les puits du « Bois-Laval » et du « centre Lauzon » proscrit, l'approvisionnement en eau des quelques éléments du génie bivouaqués dans ce bois se fait au village Gascon.

Les puits du « Bois-Lanne » et du « centre Lauzon » fournissant de l'eau potable sont utilisés par les troupes voisines :

Postes d'eau javellisée : Un poste d'eau javellisée en tonneaux est installé au nord-est du bois dit Village-Gascon. Alimenté par le point d'eau n° 24 où une moto-pompe est installée dans une sape d'environ 20 mètres de profondeur, relativement bien aménagée.

La javellisation est pratiquée par les soins du G. B. D. et renouvelable plusieurs fois par jour, à raison de VII gouttes pour 10 litres.

Un poste d'eau javellisée en tonneaux mobile est installé au bois N. IV.

Dans la zone de l'infanterie

Tranche du Mont-Sans-Nom. — Le régiment qui occupe cette région n'a à sa disposition que 2 points d'eau médiocre et un point d'eau dangereuse. Il utilise l'eau la moins mauvaise celle du point N° 2, après javellisation à raison de VII gouttes pour 10 litres en récipients de faible capacité.

Tranche de la Mosquée. — Ne possède qu'un seul point d'eau potable très voisins des premières lignes et trop dangereux pour y organiser des corvées. Le régiment qui occupe cette tranche ne pratique pas la javellisation, mais s'approvisionne en eau au poste du Bois-Sacré, l'eau est amenée en récipients de 25 litres répartis dans le secteur.

Tranche du Golfe. — Possède un seul point d'eau potable point N° 12 du Bois-Sacré. Par surcroît un poste de javellisation en tonneaux (V gouttes pour 10 litres) y est installé où viennent s'approvisionner les compagnies, ainsi que les batteries d'artillerie voisines.

En résumé : les eaux dangereuse ont été proscrites.

Les eaux médiocres ont été soit proscrites,
soit javellisées.

Les eaux chimiquement bonnes ont été livrées à la consommation, quelques unes javellisées par surcroît de précaution.

L'approvisionnement en eau potable a été particulièrement difficile pour les troupes de l'infanterie.

ÉTUDE CRITIQUE

Si l'on compare l'état sanitaire des troupes avant et après que des mesures prophylactiques, contre les dangers des eaux de boisson aient été prises, on constate qu'avec l'apparition des mesures hygiéniques est apparue une diminution sensible des infections étiquetées, pour masquer leur véritable origine, embarras gastriques fébriles ou courbatures fébriles et surtout de ces fortes épidémies de diarrhée, qui ont été la grosse préoccupation des médecins des corps de troupe pendant la première année de guerre. Il est donc incontestable que les mesures prises n'ont pas été inutiles. Ont-elles été suffisantes ? Peut-être ! Mais il faut avouer que l'on pouvait faire mieux. Si les instructions données étaient bien rédigées, les mesures prescrites bien conçues, les moyens d'exécution étaient le plus souvent beaucoup trop restreints et en particulier nous déplorons surtout, en ce qui concerne le secteur dont nous avons parlé,

l'absence de javellisation automatique,

l'absence de cuves de ciment,

le poids excessif des voitures T. C. F.,

le trop petit nombre de récipients de faible capacité pour le transport de l'eau et la javellisation dans les tranchées,

l'absence de toute tentative de stérilisation individuelle.

D'autre part il ne nous paraît pas superflu de dire que les hygiénistes ont eu aux armées deux terribles ennemis : l'indifférence et l'ironie. Germés tous les deux de l'ignorance et de l'orgueil, ils ont souvent découragé les plus louables tentatives. Seule l'éducation de la collectivité pourra permettre de les combattre. Mais ceci est une tâche de longue haleine et plusieurs générations passeront avant qu'elle soit accomplie.

CONCLUSIONS

De ce que nous avons vu faire et des notions que nous avons acquises, nous concluerons :

- 1° En campagne une eau doit être toujours analysée avant d'être livrée à la consommation ;
- 2° L'analyse chimique suffit, pourvu qu'elle soit *étalonnée* de temps en temps par l'analyse bactériologique ;
- 3° Certaines eaux doivent être proscrites de la consommation ;
- 4° Certaines eaux peuvent être bues sans épuration préalable ;
- 5° Certaines eaux ne peuvent être consommées qu'après épuration ;
- 7° Le meilleur mode d'épuration collective est la javellisation et en particulier la javellisation automatique ;
- 8° Le meilleur mode d'épuration individuelle est l'épuration par les comprimés d'Hypochlorite de Calcium de VINCENT et GAILLARD ;
- 9° L'éducation de la collectivité au point de vue de l'hygiène est une condition très importante de l'efficacité des mesures prophylactiques.

Le Président de thèse :

LÉON BERNARD.

BIBLIOGRAPHIE

- ARTHUS (Maurice). — Eléments de chimie physiologique, 4^e édition (Paris 1903).
- BAUCHER (F.). — Analyse chimique et bactériologique des eaux potables et minérales (Paris 1904).
- BROUARDEL et THOINOT. — La fièvre thyphoïde (in traité méd. et thérapeut. Brouardel-Gilbert (Paris 1908).
- BURY (A.). — Titration volumétrique rapide des extraits de javel employés pour la stérilisation de l'eau en campagne.
- (*Journ. pharm. et chim.* **XV**, N° 6, 16 mars 1917, pp. 189-193).
- CHAUSSIER. — Etude comparative des procédés de stérilisation de l'eau employée aux armées (th. Paris 1920).
- COMTE. — Sur quelques perfectionnements proposés pour le service de la javellisation des eaux destinées à la boisson.
- (*Jour. pharm. et chim.* **XIV**, N° 9, 1^{er} novembre 1916, pp. 261-263).
- Sur l'appréciation rapide par l'analyse chimique de la potabilité de l'eau (*ibid.*, **XIV**, N° 5, 1^{er} sept. 1916, pp. 135-140).
- COSTA et H. PECKER. — L'index de chlore des eaux.
- DOPTER et SACQUEPÉE. — Précis de bactériologie (Paris 1913).
- ENRIQUEZ. — Maladies du tube digestif (in traité de médecine Paris 1909).
- FABRE. — De l'épuration de l'eau en tonneaux de bois pour les armées en campagne (th. pharm., Montpellier 1920).
- GALAINÉ et C. HOULBERT. — Sur un nouveau dispositif de filtration rapide des eaux alimentaires après leur épuration par le procédé LAMBERT-LAURENT (*C. R. Ac. Sciences*, CLXIV, p. 121, 1917).

- GASCARD et GUY LAROCHE. — Procédés pratiques de stérilisation des eaux par les hypochlorites ou la teinture d'iode (*Pres. méd.*, XXIII, 5 août 1915, pp. 290-291).
- GUILLAUMIN et VIENNE. — Sur les modifications apportées à la composition chimique des eaux par la javellisation. — Moyen de reconnaître si une eau a été javellisée. (*Journ. pharm. et chim.* XII, N° 12, 16 déc. 1915, pp. 377-387.)
- MACAIGNE. — Précis d'hygiène (Paris 1911).
- MASSY. — Sur la détermination de la quantité d'extrait de javel à employer pour épurer une eau. (*Journ. pharm. et chim.* XV, N° 7, 1^{er} avril 1917, pp. 209-213.)
- PECKER H. — L'indice de chlore des eaux (*Jour. pharm. et chim.* XV, VIII, N° 5 1^{er} et 16 sept. 1915, pp. 134-139 et 167-177).
- PÉNAU (H.). — Stérilisation collective et individuelle de l'eau en campagne (*ibid.* XII, N° 4, 15 août 1915, pp. 123-133).
- RICHAUD. — Précis de thérapeutique et de pharmacologie. 4^e édition (Paris 1919).
- ROLLAND. — Sur un procédé pratique de stérilisation et d'utilisation des eaux polluées en campagne (*Journ. pharm. et chim.* XII, N° 6, 16 septembre 1915, pp. 179-182).
- TOURNADE. — La pratique de l'hygiène en campagne (Paris 1916).
- TROUSSAINT. — Le service de santé en campagne (Paris 1915).
- VILA (A.). — L'eau potable au front (*Journ. pharm. et chim.* N° 9, 1^{er} mai 1917).
- VINCENT. — Sur la signification du « bacillus coli » dans les eaux potables (*Annales inst. Pasteur* 1905).
- VINCENT et GAILLARD. — Stérilisation des eaux de boisson par les comprimés d'hypochlorite de calcium (*Journ. pharm. et chim.*, XI, N° 6, 10 juin 1915, pp. 271-275).

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	9
-------------------	---

1^{re} PARTIE

ETUDE DESCRIPTIVE DU SECTEUR DE MOURMELON-LE-GRAND.....	12
--	----

CHAPITRE I : Aperçu géographique.....	12
---------------------------------------	----

§ 1 Description générale.....	12
-------------------------------	----

§ 2 Leseaux de la région.....	14
-------------------------------	----

CHAPITRE II : Situation des points d'eau par rapport aux troupes occupant le secteur.....	17
--	----

<i>Carte du Secteur</i>	18
-------------------------------	----

II^e PARTIE

L'ANALYSE DES EAUX.....	21
-------------------------	----

CHAPITRE I : Notions générales sur les exa- mens d'eau.....	21
--	----

§ 1 Examen physique.....	21
--------------------------	----

§ 2 Examen chimique.....	23
--------------------------	----

<i>Interprétation de l'analyse chimique</i>	23
---	----

<i>Quelques principes d'analyse chimique</i>	26
--	----

<i>Procédé employé : technique de l'examen chimique de l'eau par les comprimés</i> ...	29
--	----

§ 3 Analyse bactériologique.....	35
----------------------------------	----

CHAPITRE II : Etude concrète des analyses effectuées dans le secteur.....	41
--	----

Les diverses méthodes employées. Valeur de l'analyse chimique.....	42
--	----

III^e PARTIE

LA PROPHYLAXIE	53
CHAPITRE I : Etude générales des divers modes d'épuration des eaux.....	53
§ 1 Les méthodes d'épuration autres que la javellisation.....	53
§ 2 La javellisation	58
CHAPITRE II : Les mesures prises dans le secteur au nord de Mourmelon	75
Dans les villages.....	75
Dans les bivouacs d'arrière.....	75
Dans la zone de l'artillerie et du génie.....	76
Dans la zone de l'infanterie	77
ETUDE CRITIQUE.....	79
CONCLUSIONS.....	81
BIBLIOGRAPHIE.....	83

Angoulême. — Imp. A. OLIVIER et C^{ie}
